

**Relación entre inversión en infraestructura de transporte y desarrollo económico.**

**Pablo Muñoz Vallejo**

**Asesores:**

**John J. García Rendón, Ph.D**

**Hermilson Velásquez, Ph.D**

**Noviembre, 2016**

**Medellín, Colombia.**

**Universidad EAFIT.**

## **Tabla de Contenido.**

- 1) Introducción.**
- 2) Marco teórico.**
  - 2.1) Concepto de Desarrollo.**
  - 2.2) Revisión de literatura.**
- 3) Metodología y datos.**
  - 3.1) Descripción de datos.**
  - 3.2) Metodología Econometría espacial.**
- 4) Resultados y Análisis.**
- 5) Conclusiones.**
- 6) Bibliografía.**

## **1. Introducción.**

Conocer la relación existente entre la inversión en infraestructura de transporte y el desarrollo económico ha sido un tema sobre el cual no se ha escrito mucho, no obstante, se han realizado bastantes investigaciones para analizar la relación entre inversión en infraestructura de transporte y el crecimiento económico. Uno de los factores que es difícil de determinar es si la inversión genera desarrollo económico, o si por el contrario un nivel de desarrollo dado estimula a que se realicen inversiones en infraestructura para suplir la demanda que conlleva este nivel de desarrollo. Los gobiernos destinan una parte de su presupuesto en la construcción o mantenimiento de las redes de infraestructura, siendo estas las que permiten que un país tenga acceso a las diferentes regiones y mercados que lo comprende. Un mejor acceso a las diferentes regiones permite que estas tengan un mayor nivel de desarrollo y que los costos de transporte internos tanto para las personas como para las industrias sean menores. Uno de los retos en Colombia ha sido tener una red de infraestructura eficiente debido a su geografía montañosa que hace que la construcción de esta infraestructura sea más costosa y compleja.

Este trabajo tiene como objetivo evaluar la relación que existe entre la inversión en infraestructura de transporte y el desarrollo económico, con la finalidad de diagnosticar si las mejoras o la construcción de nueva infraestructura de transporte en Colombia ayudan al desarrollo económico del país. Para medir el grado de desarrollo económico se construye un índice para 15 y tiene en cuenta 4 dimensiones. La infraestructura de transporte esta medida por medio de la densidad vial primaria de cada una de estas ciudades. Para realizar las estimaciones y determinar la relación entre estas dos variables se utilizó un modelo de econometría espacial, que permite tener en cuenta los efectos indirectos o externalidades que tiene la construcción de una carretera en las ciudades vecinas.

Los principales resultados obtenidos en las estimaciones muestran como las exportaciones, la población afiliada al régimen contributivo de salud y la densidad vial primaria tienen una relación positiva con el índice de desarrollo de ciudad, es por medio del enfoque espacial que se puede considerar el efecto de contagio que tiene una ciudad cuando alguna ciudad vecina realiza un incremento en las variables descritas anteriormente.

El trabajo está construido en cinco secciones de las cuales la primera es la parte introductoria en la cual se establece la importancia del tema a investigar y el objetivo principal de la

investigación. La segunda sección es un marco teórico en el que se pone en evidencia lo que han dicho algunos investigadores con respecto a la relación entre la inversión de infraestructura de transporte y el desarrollo económico, es decir, una revisión de literatura. La tercera sección presenta la descripción de los datos y técnicas que fueron utilizadas para la realización del trabajo. La cuarta sección comprende los resultados obtenidos y el análisis de estos resultados. Por último, la quinta concluye el trabajo.

## **2. Marco teórico.**

### **2.1) Concepto de Desarrollo.**

Conscientes que el gasto en capital humano puede producir rendimientos económicos mayores que la inversión en capital físico, cuando se habla de desarrollo es necesario, como lo establece Sen (2000), considerar una visión más amplia como un proceso de ampliación de las capacidades de las personas que incorpora variables de carácter cualitativo relacionadas con las condiciones de vida y las necesidades satisfechas y, no quedarse en el concepto puramente cuantitativo de crecimiento económico, definido como el incremento del volumen de producción de bienes y servicios en una economía por medio de la acumulación de capital físico, para definir el desarrollo.

Como lo establecen Martínez et al. (2008) las propuestas de desarrollo endógeno y de desarrollo humano son fundamentales para definir el desarrollo, ya que ambas consideran dos aspectos fundamentales que son las instituciones y la sostenibilidad. Las instituciones pueden definirse como las reglas de juego que determinan las restricciones y los incentivos en la interacción económica, política y social (North, 1990) y consideran las interacciones del sector productivo, las instituciones del gobierno y de la sociedad civil. Por su parte, la sostenibilidad se concibe como una visión integral de la evolución del sistema económico (Martínez et al., 2008).

El desarrollo humano de acuerdo al Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo – PNUD, (1990), comprende la creación de un entorno en el que las personas puedan desarrollar su máximo potencial y llevar adelante una vida productiva y creativa de acuerdo con sus necesidades e intereses. Este incluye variables de carácter educativo, económico y ambiental. De esta forma a partir del trabajo realizado por Martínez et al. (2008) quienes consideran el desarrollo endógeno y

el desarrollo humano para describir desde un enfoque sistémico las variables que componen las cuatro dimensiones del desarrollo: la institucional, la económica, la social y la ambiental.

La *Tabla 1* presenta cada una de las variables que componen las cuatro dimensiones. En la medida que existan instituciones fuertes en una economía que implementen las normas y los incentivos que ayuden a potenciar las capacidades de los individuos sin un deterioro económico, ambiental y social, posibilitando la creación de capital humano y social, también conllevarían al crecimiento y al desarrollo económico.

Tabla 1. Dimensiones y variables del desarrollo.

Dimensión	Variables
Ambiental	Cobertura de viviendas con servicio de acueducto Cobertura de viviendas con servicio de agua potable Cobertura de viviendas con servicio de alcantarillado
Social	Tasa bruta de escolaridad Tasa de mortalidad infantil Densidad poblacional
Institucional	Indicador de desempeño fiscal Tasa de homicidios Porcentaje de accidentes de tránsito
Económica	Porcentaje de población en edad de trabajar Cobertura de energía Tasa global de participación.

Fuente: elaboración propia a partir de Martínez et al., 2008.

## 2.2) Revisión de literatura.

La idea es conocer la relación existente entre la inversión en infraestructura de transporte y el crecimiento o desarrollo económico, por lo tanto, se mencionará brevemente lo que han dicho algunos autores al respecto.

Determinar la relación que hay entre infraestructura de transporte y desarrollo económico no es tarea fácil, ya que como plantean, Sanchez (1998), Rodrigue (2013), Vickerman (2008) y Mill, Hoel & Ellington, (2008), hay que cuestionarse si la inversión en infraestructura genera desarrollo económico o si por el contrario cuando existe un nivel de desarrollo este promueve las inversiones en infraestructura, lo cual deja claro el problema de endogeneidad que se puede presentar entre este tipo de variables al momento de hacer la estimación. Para Vickerman (2008) ambas posibilidades son factibles ya que hay ocasiones como cuando se están abriendo nuevas áreas o lugares de desarrollo en las cuales la inversión en infraestructura es esencial para que estas se puedan desarrollar, pero además hay ocasiones en las que simplemente se tiene en cuenta la inversión en infraestructura como generador de empleos mientras se realizan las construcciones.

Mudge (1996), Crafts (2009) y Farhadi (2015), establecen que la economía de un país se puede beneficiar de la inversión en la infraestructura de transporte a través del acceso acelerado a los servicios, aumentando la movilidad en los diferentes mercados, ahorrando tiempo y reduciendo costos en las empresas.

Banister & Berechman (2001) plantean que las inversiones en infraestructura de transporte no son una condición necesaria para que se genere desarrollo económico, pero estas inversiones actúan como soporte cuando hay otros factores que están realizando el incremento en desarrollo. Los factores descritos por Banister & Berechman (2001) que se deben dar para que haya desarrollo económico son: que existan condiciones económicas como calidad en la fuerza laboral, que a la hora de realizar las inversiones estas se acoplen a una red de infraestructura existente en el país, mejorando esta red, y que se tomen las decisiones políticas adecuadas para que la inversión se realice de forma eficiente.

En cuanto a los impactos que las inversiones pueden generar en la economía, Black (2001) propone tres posibilidades que son: impactos negativos los cuales se dan cuando las inversiones en infraestructura le quitan posibilidades de desarrollo a otros sectores de la economía como la educación, además cuando estas inversiones conectan lugares los cuales no tenían fácil acceso, pero son las compañías de otro país las que capturan los mercados, ya que las compañías domésticas todavía no se desarrollan y no pueden atender estos mercados. Impactos positivos se dan cuando estas inversiones en infraestructura ayudan a algunos sectores económicos del país que

están siendo retenidos en algún lugar por la falta de medios de transporte e impactos neutros que son cuando los impactos positivos se contrarrestan con los impactos negativos.

De forma diferente Sanchez (1998) y Rodrigue (2013) diferencian los impactos que puede tener la inversión en infraestructura de transporte en impactos directos, e impactos indirectos. Los impactos directos se dan incrementando la demanda agregada de una economía. Mientras los impactos indirectos se dan a través de efectos de empleo y con el vínculo que se genera entre la inversión en infraestructura y otros sectores de la economía.

La infraestructura de transporte de un país se debe ver y analizar como una red de infraestructura, Rodrigue (2013), Vickerman (2008), una alta densidad en infraestructura de transporte, y que esta infraestructura está bien conectada entre sí, formando una red, está relacionado con lugares en los cuales hay altos niveles de desarrollo económico. De acuerdo a Rodrigue (2013) cuando las redes de transporte son eficientes estas generan a las personas que viven en el lugar calidad de vida por medio de beneficios y oportunidades sociales y económicas; si esta red no es eficiente la calidad de vida tiende a ser mala. Vickerman (2008) por su parte habla sobre lo competitiva que puede ser una ciudad que tenga una red de transporte y además analiza la accesibilidad de un país de dos formas: Accesibilidad externa, la cual tiene que ver con la forma en la que está conectada una región con otras regiones, lo cual actúa de forma positiva, ya que permite que las mercancías que se producen en la región lleguen con facilidad y, a un menor costo a otras regiones, pero también implica una mayor competencia en los mercados de la región ya que las mercancías o mano de obra de otros lugares llegan con mayor facilidad. La segunda es la accesibilidad interna la cual analiza la red de transporte que funciona en una ciudad. “Un mejor sistema de transporte puede aumentar la oferta de trabajo reduciendo el tiempo de desplazamiento de las personas, permitiendo una mejor accesibilidad al mercado laboral y así mejorando la productividad”, (Vickerman, 2008, pág. 108). Acá cabe aclarar entonces que las inversiones que se realicen en infraestructura deben mejorar la eficiencia de la red de transporte, para que los resultados de la inversión se vean reflejados de forma positiva en el desarrollo económico.

Lall (1999), Banister & Berechman (2001) y Rodrigue (2013) sugieren que la inversión en infraestructura de transporte tiene rendimientos marginales decrecientes, es decir, en el momento en el que se realiza una inversión en infraestructura por ejemplo en una vía nueva, dándole accesibilidad a un lugar el cual no tenía, esta inversión genera unos retornos altos ya que esta vía

está generando unas nuevas opciones de movilidad, pero en el momento en que se realizan más inversiones sobre la misma vía, menores serán los rendimientos que se generen por esta inversión. Una de las premisas básicas en el trabajo de la inversión en transporte y la promoción del crecimiento económico es la siguiente: “En países desarrollados, en los cuales ya existe una infraestructura de transporte bien conectada y de alta calidad, mayores inversiones en esta infraestructura existente no resultarán por si sola en crecimiento económico” (Banister & Berechman, 2001, pág. 210).

De otra forma Sanchez (1998) y Crafts (2009) dicen que la inversión en infraestructura de transporte puede aumentar la tasa de crecimiento económico siempre y cuando el aumento de los retornos de la inversión privada, sea mayor que el incremento en los impuestos realizados para poder llevar a cabo la construcción de la nueva infraestructura.

Una de las formas de evaluar la generación de desarrollo en una economía por medio de la inversión en infraestructura de transporte es desde la macroeconomía y desde la microeconomía. Desde la microeconomía Vickerman (2008) dice que es importante examinar lo que pasa con las inversiones en infraestructura de transporte, ya que estas afectan la forma en la cual las empresas y los dueños de los hogares organizan sus actividades o su forma de operar y, por lo tanto, si no se tiene en cuenta estos cambios no se identificará correctamente el impacto total de la inversión en la economía. Mientras tanto la macroeconomía, Rodrigue (2013) argumenta que el transporte y la movilidad están asociados a un nivel de producción económico, un nivel de empleo y un nivel de ingresos en una economía.

Vickerman (2008) define un término que es importante a la hora de evaluar el impacto que genera la inversión en infraestructura de transporte en el desarrollo económico, el grado de aglomeración de una economía, el cual depende de las economías de escala, el costo del transporte y el tamaño de los mercados. Este autor explica la importancia de la aglomeración con la siguiente relación: La aglomeración hará que los costos del transporte suban por la congestión en las ciudades, subirá también el precio de la tierra, aumentará el tamaño de los mercados permitiendo aprovechar economías de escala, como los mercados son más grandes más actividades serán atraídas a la ciudad por lo que el costo del transporte disminuirá, ya que no hay que traer insumos de otras partes sino de la economía local. Crafts (2009) de forma similar dice que la inversión en infraestructura provoca que la economía se aglomere, por lo que se ven beneficiadas las firmas



cuando se encuentran ubicadas cerca a otras firmas y hay difusión de conocimiento entre las firmas, además hay mayor acceso a proveedores y al mercado laboral.

Banister & Berechman (2001) proponen la idea de desacoplar la inversión de infraestructura de transporte y el crecimiento económico. Para estos autores las políticas gubernamentales de los países se deben enfocar en disminuir la inversión en infraestructura, pero de todas formas aumentar el crecimiento económico. Uno de los argumentos que usan para defender este punto de vista es que debe haber un cambio organizacional, en el cual se debe de pasar de lo global a lo “Glocal” (Banister & Berechman, 2001), es decir, debe existir una concentración en la producción, por ejemplo, lo que ocurre en Alemania con la producción de carros. Lo que intentan hacer los alemanes, es que los componentes necesarios para la fabricación del vehículo sean producidos localmente para que la fábrica productora de carros no tenga que importar los componentes desde otros países lo que significa que no es necesario un alto desarrollo en la infraestructura de transporte alemana ya que las distancias que tienen que recorrer los componentes de los vehículos para llegar a la fábrica productora de carros son menores.

Una idea importante que propone Lall (1999) es que el análisis del impacto que genera una inversión en infraestructura de transporte en el desarrollo de un país, se debe realizar por regiones, ya que la competitividad de una nación es el reflejo del desempeño económico de las regiones que pertenecen a la nación. Además, el autor dice que el lugar de una región que eligen las empresas para establecerse, está influenciado por las vías, es decir, en donde hay un sistema vial más desarrollado hay una mayor atracción por parte de las empresas para situarse. Entonces con una buena infraestructura vial hay mayores estímulos para que se desarrollen nuevos mercados.

Benhabib & Spiegel (1994), siempre se ha pensado que una fuerza laboral educada le permite a un país a crear, implementar o adoptar tecnología nueva, de esta forma generar crecimiento económico. Aunque en el estudio realizado por estos autores encontraron que el crecimiento en capital humano no es estadísticamente significativo explicando el crecimiento de los ingresos per cápita, además, tendiendo un signo negativo. El hecho de que el capital humano no sea estadísticamente significativo para explicar el crecimiento económico causa problemas, ya que en muchos países existen políticas en las cuales la formación de capital humano es indispensable para el crecimiento económico. Estos autores explican sin embargo que la educación y el capital

humano facilitan la implementación de tecnología extranjera o la invención de tecnología doméstica.

A la hora de realizar estimaciones para determinar el impacto de invertir en infraestructura de transporte en el desarrollo económico, Aschauer (1988) y Farhadi (2015) demuestran que la variable núcleo de infraestructura tiene una relación positiva con el desarrollo económico de un país. En ambos estudios la variable es estadísticamente significativa, aunque obtienen coeficientes de estimación diferentes, un poco mayores los de Aschauer (1988) que los de Farhadi (2015).

Sanchez (1998), Vickerman (2008), Mudge (1996), y Crafts (2009) dicen que las estimaciones realizadas por Aschauer (1988) tienen fallas econométricas, por lo que el efecto de estas inversiones no corresponde a la magnitud planteada por este autor. Aunque Mudge (1996) plantea que el trabajo realizado por Aschauer fue importante ya que hizo que los economistas volvieran a pensar en lo importante que es la inversión en infraestructura para la economía. De los estudios de Aschauer (1988) vale la pena resaltar la relación que encuentra entre el crecimiento de la productividad de EE.UU y el crecimiento en la inversión en stock de capital público, la productividad entre los años 1950-70 que fue de 2.0% mientras que la inversión en stock de capital público en esta misma época fue de 4.1%; para los años 1971-85 tanto la productividad como la inversión decrecieron en un 0.8% y 1.6% respectivamente. Mientras tanto una de las conclusiones de Farahadi (2015) es que las inversiones en infraestructura de transporte impactan positivamente a la productividad laboral, además dice que los gastos gubernamentales en sectores productivos como la infraestructura aportan al crecimiento económico indirectamente a través del impacto que tiene en la productividad laboral.

Banister & Berechman (2001) para que la inversión en infraestructura de transporte genere crecimiento económico, tienen que haber presencia en varios mercados como: la aglomeración de las firmas, una red de transporte, mercado laboral, y mejoramiento en el medio ambiente. Si se realiza la inversión, pero lo que pasa es que sólo se mejora la accesibilidad en el país, esto no será suficiente para generar crecimiento económico.

Mudge (1996) además de construir infraestructura vial nueva, es importante que la infraestructura existente permanezca en buenas condiciones, además las inversiones se deben realizar no donde sean menos costosas hacerlas, sino donde de verdad sean necesarias y aporten al sistema vial sin importar su costo. Tomar una decisión de qué proyecto de infraestructura realizar

ha sido una tarea difícil para los diferentes gobiernos, hay casos en los cuales estas decisiones se toman pensando no en el beneficio que pueda tener para la sociedad esta nueva infraestructura, sino el beneficio que le genera a quien se ganó la concesión para realizar la construcción. Pardo-Bosch & Aguado (2016) proponen un método para evaluar qué inversión realizar sin tener en cuenta quien realice la inversión, sino cual es la mejor inversión para la sociedad. Este método consiste en dos pasos, el primero es construir un índice llamado NIF (Necesidad de una Infraestructura, por sus siglas en inglés), el cual permite comparar proyectos para ver cuál tiene mayor importancia en la sociedad, incluso si estos son diferentes (e.j carretera, estación de policía, alcantarillado). La segunda fase es construir un Índice de sostenibilidad de proyectos de infraestructura (SIIP por sus siglas en inglés), el cual evalúa la forma en la que cada infraestructura nueva aportaría al desarrollo sostenible de una nación, si esta fuera construida. Cuando se tienen estos dos índices contruidos quien está evaluando que inversión realizar, puede tomar una decisión para construir la infraestructura adecuada y que presente los mayores beneficios a la sociedad.

Además, es importante mirar porque se concentran las ciudades en algunas regiones, Krugman (1991) se pregunta ¿Por qué la manufactura en general se concentra en una o pocas regiones de un país, dejando que las demás regiones jueguen el papel de proveedores agrícolas al sector manufacturero? Un ejemplo que usa el autor para explicar esto es el siguiente. Existe una economía en la cual hay dos tipos de producción, agrícola y manufacturera. La producción agrícola se caracteriza por tener retornos constantes a escala y usar intensivamente la tierra, por lo tanto, la distribución geográfica de este tipo de producción dependerá principalmente de la disponibilidad de tierras. De otra forma, la producción manufacturera se caracteriza por tener retornos crecientes de escala y un uso modesto de tierra. La ubicación geografía de la manufactura dependerá de donde exista una demanda por los productos, ya que esto minimizaría los costos de transporte, o en lugares que se encuentren centrados, bien ubicados. La demanda de bienes manufactureros vendrá en una parte del sector agrícola, pero principalmente del sector manufacturero, lo que causa una causación circular que puede ser explicada de la siguiente forma: “la producción manufacturera tenderá a concentrarse en donde hay un mercado amplio, pero el mercado será amplio donde se concentre la producción manufacturera”. (Krugman, 1991, pp. 486). Además, Krugman (1991) dice que, existiendo cambios en el precio del transporte, economías de escala, y aumento en el

consumo de productos no agrícolas, generara que la población se concentre en algunas regiones, dejando otras como periferia.

### **3. Metodología y Datos.**

Esta sección del trabajo está dividida en tres subsecciones entre las cuales está primero la descripción de los datos, seguido de una explicación de la construcción del índice de desarrollo de ciudad y, por último, la metodología espacial.

#### **3.1 Datos.**

Como estipulan Soubbotina & Sheram (2000) del Banco Mundial, el crecimiento económico y el desarrollo humano, partiendo de la idea de que las condiciones que permiten el crecimiento económico son: el uso eficiente del capital humano y una política económica acertada. Las condiciones para que haya desarrollo humano es que las personas tengan acceso a los servicios públicos, oportunidades laborales y exista democracia. En lo que concluyen que el crecimiento económico es un medio para que haya desarrollo humano. Y es el desarrollo humano el que deben tener trazado como objetivo las naciones. Alviar & López (1996), hasta la década de los setenta, lo que se planteaban los economistas era la forma en la cual aumentar el crecimiento económico en los países en desarrollo, sin tener en cuenta que el crecimiento económico se debe realizar con la finalidad de generar un mayor nivel de desarrollo y bienestar. Por su parte “el objetivo básico del desarrollo es ampliar las oportunidades de los individuos para hacer que los beneficios del crecimiento económico sean más democráticos y mejor distribuidos” (Alviar & López, 1996, pp. 12).

Para la realización de la parte metodológica de la monografía, se realizarán estimaciones con un modelo econométrico espacial SAR, después de realizar correlaciones entre las variables que desde la revisión de la literatura se encontró como determinantes del desarrollo económico. La variable dependiente del modelo será un índice de desarrollo de ciudad, tomando como referencia el índice construido por Martínez, Flamand, & Hernández (2008), el cual se construyó para 15 ciudades capitales de Colombia (Medellín, Barranquilla, Bogotá, Cali, Cartagena, Manizales,

Cúcuta, Ibagué, Pereira, Valledupar, Tunja, Bucaramanga, Armenia, Popayán y Villavicencio), para los años 2012, 2013 y 2014.

Las variables de la dimensión ambiental son las siguientes: cobertura de viviendas con servicio de acueducto, cobertura de viviendas con servicio de agua potable y cobertura de viviendas con servicio de alcantarillado. La dimensión social se construyó con las siguientes variables: tasa bruta de escolaridad, tasa de mortalidad infantil y densidad poblacional, la cual indica la relación que hay entre la cantidad de personas que viven en un territorio y la extensión de este. Por su parte, la dimensión económica está compuesta por un indicador de desempeño fiscal, una tasa de homicidios y el porcentaje de accidentes de tránsito. Por último la dimensión institucional está construida con la población económicamente activa, el porcentaje de cobertura de energía eléctrica y la tasa global de participación.

Las variables independientes del modelo son: la densidad vial primaria de cada una de las ciudades capitales, las cuales se construyen teniendo el total de carreteras de cada municipio dividido por la extensión del municipio, la población afiliada al régimen contributivo de salud y una variable de exportaciones departamentales como proxy de las exportaciones de las ciudades capitales, para tener en cuenta el comercio exterior. Para la construcción de la base de datos, se tuvo en cuenta varias fuentes que serán descritas a continuación: Tasa de mortalidad infantil y densidad poblacional se usaron datos del DANE, el indicador de desempeño fiscal se obtuvo del Departamento Nacional de Planeación (DNP), la población en edad de trabajar y la tasa global de participación se usaron datos de la alcaldía mayor de Bogotá de un informe de mercado laboral que realizaron en diciembre de 2014 para las principales ciudades colombianas, las demás variables se obtuvieron de un informe denominado Como Vamos, en el cual hay una descripción de las principales variables económicas, para las ciudades que no tienen este informe se usaron datos obtenidos de las alcaldías y los anuarios estadísticos. La *Tabla 2* resume los datos usados y sus respectivas fuentes.

Tabla 2. Descripción de los Datos.

<b>Índice de Desarrollo de Ciudad.</b>	<b>(IDC)</b>	<b>Fuente</b>
<b>Dimensión Ambiental.</b>		
Cobertura de viviendas con servicio de acueducto.	(CACU)	Alcaldías
Cobertura de viviendas con servicio de agua potable.	(CAP)	Alcaldías
Cobertura de viviendas con servicio de alcantarillado.	(CALC)	Alcaldías
<b>Dimensión Social.</b>		
Tasa bruta de escolaridad.	(TBE)	Alcaldías
Tasa de mortalidad infantil.	(TMI)	DANE
Densidad poblacional.	(DP)	DANE
<b>Dimensión Institucional.</b>		
Indicador de desempeño fiscal.	(IDF)	DNP
Tasa de homicidios.	(TH)	Alcaldías
Porcentaje de accidentes de tránsito.	(AT)	Alcaldías
<b>Dimensión Económica.</b>		
Cobertura energía eléctrica.	(CEE)	Alcaldías
Población en edad de trabajar.	(PET)	Alcaldía Bogotá
Tasa global de participación.	(TGP)	Alcaldía Bogotá
<b>Variables Explicativas</b>		
Densidad Vial Primaria	(DENS1)	Alcaldías
Población Afiliada al Régimen Contributivo de Salud	(PARCS)	Alcaldías
Exportaciones	(EXPO)	DANE

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.2 Índice de Desarrollo de Ciudad (IDC).

El índice de desarrollo de ciudad mide el desarrollo de 15 ciudades en el caso del estudio, teniendo en cuenta 4 dimensiones en su medición de desarrollo, no simplemente el desarrollo económico. Las dimensiones son: Social, que tiene en cuenta condiciones educativas y sanitarias de cada una de las ciudades; económica, dimensión que muestra la generación de riqueza y capacidad de cubrir las necesidades básicas de forma digna para cada una de las ciudades; ambiental que muestra el uso racional y cuidado del ambiente; e institucional que es la dimensión de la efectividad de las actividades gubernamentales y la participación ciudadana. Teniendo los datos de cada una de las variables que componen cada una de las dimensiones (variables descritas en la descripción de los datos) para los años 2012, 2013 y 2014 se realiza un promedio de cada variable para tener solo un dato de cada ciudad. Después se normaliza cada una de las variables con el fin de tener las variables

entre un rango de 0 y 1. Luego se saca un promedio de las variables que componen a cada una de las dimensiones para cada ciudad, y por último se realiza un promedio de las cuatro dimensiones para cada ciudad, para tener finalmente el IDC.

### **3.3 Metodología Econometría espacial.**

“La econometría espacial es la parte de la econometría que se dedica a los estudios de los fenómenos económicos espaciales” (Baronio, Vianco & Rabanal, 2012, pp. 2). Los fenómenos económicos espaciales son aquellos en los cuales la variable espacio tienen un papel fundamental, tal que, si esta es excluida se pueden tener modelos econométricos con problemas de especificación. Una de las herramientas que ha dado la econometría espacial es el estudio de los efectos indirectos de las variables, o externalidades.

Baronio et al. (2012) y Bohórquez & Ceballos (2008) proponen los efectos espaciales de la siguiente forma:

- 1) Dependencia espacial: es cuando una observación asociada con una localización depende de otras observaciones asociadas con diferentes localizaciones.
- 2) Heterogeneidad espacial: “Variación en las relaciones que se establecen para los fenómenos económicos espaciales conforme varía el espacio de estudio” (Baronio et al, 2012, pp. 3), es decir, variables que toman diferentes valores dependiendo de si se incluyen diferentes regiones o no.
- 3) Autocorrelación espacial: el valor que tome una variable depende del valor que tome esta misma variable en una región vecina. Además, la autocorrelación espacial puede ser positiva o negativa. Es positiva cuando existe la presencia de un fenómeno económico y este fenómeno se extiende a las regiones vecinas. La autocorrelación será negativa cuando la presencia del fenómeno económico disminuye las posibilidades de que se presente este mismo fenómeno en regiones vecinas.
- 4) Heteroscedasticidad Espacial: “indica que la perturbación aleatoria es diferente para cada observación muestral” (Bohórquez & Ceballos, 2008, pp.17). Para la heteroscedasticidad espacial se pueden usar los test de Breusch-Pagan y White que son usados en el análisis clásico, siempre y cuando no exista otra dependencia espacial o inestabilidad estructural.

Por otra parte, es de vital importancia en la econometría espacial la construcción de una matriz de contigüidad o matriz de proximidad espacial, la cual muestra la relación que hay entre cada una de las regiones del estudio. La matriz de contigüidad “es una matriz cuadrada de  $N \times N$  (siendo  $N$  el número de unidades espaciales), no estocástica cuyos elementos ( $W_{ij}$ ) reflejan la intensidad de la interdependencia entre cada par de regiones  $i, j$ ” (Baronio et al, 2012, pp. 7). En el caso del trabajo la matriz de contigüidad construida ( $W$ ) consiste en determinar los kilómetros de vías primarias que conectan a cada una de las diferentes ciudades capitales. Entonces se tiene una matriz simétrica de  $(15 \times 15)$ , ya que se está trabajando con 15 ciudades capitales, cuya diagonal principal toma valores de 0 dado que los kilómetros de vías primarias que separan a la *ciudad i* de la *ciudad i* son cero.

Para el caso del estudio se trabajó con un modelo conocido como SAR o de dependencia espacial sustantiva el cual es una especificación de un modelo econométrico espacial de tipo Cliff-Ord como el siguiente.

$$\begin{cases} y = \rho W y + X\beta + WX\gamma + u \\ u = \lambda W u + \varepsilon, \varepsilon: \text{Ruido blanco} \end{cases}$$

Para el caso del modelo SAR  $\gamma = \lambda = 0$ , por lo que queda:

$$y = \rho W y + X\beta + u$$

#### 4. Resultados y análisis.

En la *Tabla 3* se muestra el resultado del índice de desarrollo de ciudad construido para las 15 ciudades del estudio, este índice toma valores entre 0 y 1, siendo 1 el valor máximo de desarrollo que podría tener una ciudad y 0 el mínimo.



*Tabla 3. Índice de Desarrollo de Ciudad.*

<b>Ciudad</b>	<b>Índice</b>
Medellín	0.736
Bogotá	0.715
Bucaramanga	0.583
Armenia	0.573
Pereira	0.565
Barranquilla	0.562
Cali	0.535
Manizales	0.517
Villavicencio	0.484
Ibagué	0.453
Cartagena	0.446
Popayán	0.358
Tunja	0.348
Cúcuta	0.345
Valledupar	0.283

Fuente: Elaboración propia a partir de:

Como se puede observar en la *Tabla 3*, la ciudad con el mayor índice de desarrollo es Medellín, la cual tuvo un valor de 0.736, es decir, que Medellín según las variables que se tuvieron en cuenta para la construcción del índice es la ciudad con mayor grado de desarrollo, obtuvo la mejor cobertura a servicios de electricidad, la mayor tasa bruta de escolaridad y población en edad de trabajar. En el otro extremo esta Valledupar, ciudad capital del departamento del Cesar, que tuvo un índice de desarrollo de ciudad de 0.283, el menor de la muestra de ciudades, teniendo el peor desempeño en cobertura de acueducto y el mayor número de accidentes de tránsito.

El Mapa 1 muestra la distribución de las vías primarias en el mapa de Colombia.

*Mapa 1*



Fuente: Ministerio de transporte.

Para evaluar la relación existente entre la inversión en infraestructura de transporte y desarrollo económico, lo primero que se analizara es la correlación que hay entre la variable dependiente índice de desarrollo de ciudad (IDC) y las variables explicativas o independientes que son la densidad vial primaria (DENS1), la población afiliada al régimen contributivo de salud (PARCS), y las exportaciones. Para realizar las estimaciones no se estimó un sólo modelo, sino que se estimó el índice de desarrollo municipal como función de cada una de las variables explicativas como se muestra a continuación:

$$IDM_i = f(DENS1_i)$$

$$IDM_i = f(PARCS_i)$$

$$IDM_i = f(EXP_i)$$

Como se puede observar en la *Tabla 4*, las tres variables explicativas son estadísticamente significativas, a un nivel de confianza del 99%, explicando el índice de desarrollo municipal, además, los signos de los coeficientes son los esperados y los propuestos por la teoría económica, es decir que hay una relación positiva entre cada una de las variables explicativas y el IDC. Los resultados obtenidos se muestran en la *Tabla 4*.

*Tabla 4. Correlación entre el IDC y las variables explicativas.*

IDC	Coeficiente	Error Estándar	t	P>t	[95% Conf. Interval]	
DENS1	0.6003151	0.1938495	3.1	0.008	0.1845494	1,016,081
PARCS	1.94E-07	6.33E-08	3.06	0.008	5.82E-08	3.30E-07
Exportaciones	4.80E-07	1.11E-07	4.32	0.001	2.42E-07	7.17E-07

Fuente: Elaboración propia.

El siguiente paso a analizar es la matriz de contigüidad (W), construida para el caso del trabajo como los kilómetros en vías primarias que hay entre cada una de las ciudades del estudio, esta matriz (W) es la que le otorga el componente espacial a las estimaciones y es a través de esta que

se considera una posible dependencia espacial en la explicación del IDC. La *Tabla 5* relaciona la matriz *W* construida en el estudio.

*Tabla 5. Matriz de contigüidad en Km.*

Matriz de contigüidad (en Km)														
	Medellín	Barranquilla	Bogota	Cali	Cartagena	Manizales	Cúcuta	Pereira	Valledupar	Tunja	Bucaramanga	Armenia	Popayan	Villavicencio
Medellín	0	1862	1310	424	1488	198	1399	220	1512	971	687	261	550	534
Barranquilla	1862	0	1009	2764	120	1902	1783	1975	302	1340	907	2051	2710	1119
Bogota	1310	1009	0	1122	1970	738	1573	670	867	239	1073	519	1256	123
Cali	424	2764	1122	0	2044	393	1559	349	2110	1259	1527	316	138	1096
Cartagena	1488	120	1970	2044	0	2228	1742	1837	694	1953	1785	2106	2710	2285
Manizales	198	1902	738	393	2228	0	698	54,5	1843	814	909	173	386	739
Cúcuta	1399	1783	1573	1559	1742	698	0	747	1257	413	194	782	1558	1177
Pereira	220	1975	670	349	1837	54,5	747	0	1917	1050	962	102	336	749
Valledupar	1512	302	867	2110	694	1843	1257	1917	0	1850	455	1996	2657	982
Tunja	971	1340	239	1259	1953	814	413	1050	1850	0	520	810	1519	534
Bucaramanga	687	907	1073	1527	1785	909	194	962	455	520	0	1328	1465	1155
Armenia	261	2051	519	316	2106	173	782	102	1996	810	1328	0	309	860
Popayan	550	2710	1256	138	2710	386	1558	336	2657	1519	1465	309	0	1457
Villavicencio	534	1119	123	1096	2285	739	1177	749	982	534	1155	860	1457	0

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede ver la matriz (*W*) (*Tabla 5*) es una matriz simétrica, cuya diagonal principal esta denotada por ceros, ya que los kilómetros de vías primarias que hay entre una ciudad y ella misma es cero. Esta matriz se construyó por medio de Google Maps, ya que en este mapa está la posibilidad de ver la distancia en kilómetros de carretera que hay entre dos ciudades. Es importante aclarar que la mayoría de ciudades tienen más de una ruta para acceder a ellas, por lo tanto, se tuvieron en cuenta todas las rutas posibles que hay entre cada una de las 15 ciudades.

El índice de desarrollo de ciudad para cada una de las ciudades del estudio, puede estar relacionado con el IDC de las ciudades vecinas, generando procesos de *spillovers espaciales*. Por lo que permite que se estime un modelo de econometría espacial SAR por el método de máxima verosimilitud especificado de la siguiente forma:

$$IDC_i = (W_i, PARCS_i, EXP_i)$$

La *Tabla 6* muestra los resultados de las estimaciones.

*Tabla 6. Resultados Econometría Espacial.*

IDC	Coef.	Std. Err.	Z	P-value
Exportaciones	1.15E-07	6.15E-08	1.87	0.061
PARCS	5.26E-08	2.61E-08	2.01	0.044
/Rho	0.0020913	0.0002122	9.85	0

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede evidenciar en la *Tabla 6* teniendo en cuenta la matriz de contigüidad (W), se ve que tanto las exportaciones como la población afiliada al régimen contributivo de salud resultan estadísticamente significativas a un nivel de confianza del 90% y que influyen de forma positiva en el IDC. Además, la variable RHO, que está asociada a la matriz de contigüidad la cual es estadísticamente significativa y positiva, indica que el desarrollo económico de una ciudad puede ser consecuencia del desarrollo económico de ciudades vecinas por lo que pueden ocurrir efectos de *spillovers espaciales*.

La *Tabla 7* muestra los efectos directos e indirectos que tiene las exportaciones y la población afiliada al régimen contributivo sobre el IDC. Como se identifica en la tabla para ambas variables son mayores los efectos indirectos que los efectos directos, en el caso de las exportaciones, los efectos indirectos representan un 69% del total de los efectos, el resultado de los efectos indirectos de la población afiliada al régimen contributivo de salud es de 48%.

*Tabla 7. Efectos Directos e Indirectos*

Variable	Beta	Total	Directo	Indirecto
Exportaciones	0.1344	0.1071	0.0337	0.0734
PARCS	0.0944	0.0751	0.0236	0.0515

Fuente: Elaboración Propia.

Como se planteó en la revisión de literatura Rodríguez (2013) descompone los impactos que puede generar una inversión en infraestructura de transporte en el desarrollo económico en impactos directos e indirectos, en este caso los efectos indirectos tienden a mejorar las condiciones del mercado laboral y generar un mejor vínculo con otros sectores de la economía.

## **5. Conclusiones.**

Los resultados de las estimaciones confirman la hipótesis que se tenía en el trabajo la cual dice que la relación que existe entre la inversión en infraestructura de transporte y el desarrollo económico es positiva, tal y como lo dice García (2007) y Vickerman (2008), es decir, en la medida en la que una ciudad tenga mejores vías primarias el grado de desarrollo de esta va a ser mayor que si por el contrario la ciudad no tuviera una buena red vial primaria. Además de la infraestructura vial es importante otros tipos de infraestructura como los puertos marítimos y aeropuertos.

A partir de las variables que se consideraron para explicar el desarrollo de ciudad por medio del IDC, se puede pensar en un mecanismo de transmisión teniendo en cuenta a Krugman (1991). El mecanismo partirá de una mejora en las vías primarias las cuales le generan a una ciudad una mejor accesibilidad a diferentes mercados y permiten que sea más sencillo acceder a estas ciudades, además, los costos de transporte de las mercancías serán menores, de esta forma el comercio internacional se ve beneficiado, ya que los bienes que se producen en la ciudad podrán ser exportados o vendidos en otras ciudades o regiones sin tener que pagar unos altos costos de transporte, lo cual incentivará al sector industrial a desarrollarse, de esta forma hay aglomeración de la economía en esta región, lo que a su vez, permitirá que se desarrolle la economía, este desarrollo se refleja no solamente como crecimiento económico, sino también en un aumento en las condiciones de vida de las personas, en las condiciones sociales y culturales de la región.

Es también clave aclarar el efecto de *spillover* que genera una mejora en la infraestructura vial, ya que las ciudades vecinas se benefician de la infraestructura que se construya y a medida que una ciudad mejore sus condiciones de vida, las ciudades vecinas pueden elegir seguir el ejemplo de esta y mejorar también la condición de vida de sus ciudadanos.

Es importante resaltar la importancia del índice de desarrollo de ciudad, el cual permitió realizar un análisis no solo para el crecimiento económico, sino para el desarrollo económico, gracias a su composición en la que tiene en cuenta las dimensiones social, económica, ambiental e institucional, por lo que es una herramienta completa con la que se podrían tomar decisiones que afecten de forma positiva a los ciudadanos de una región mejorando las decisiones de simplemente aumentar el crecimiento económico.

En el trabajo se evaluaron los efectos de la infraestructura vial en el desarrollo económico, y como se evidenció en la revisión de literatura es importante que exista una buena red de infraestructura, es decir, que además de unas buenas vías que conecten las diferentes regiones del país, es importante que estas vías permitan que los puertos marítimos y aeropuertos estén conectados a las ciudades, de esta forma tener una red de infraestructura que funcione de una forma eficiente y permita un mayor grado de desarrollo económico. Por lo tanto, sería bueno realizar un estudio teniendo en cuenta estos otros tipos de infraestructura.

Para finalizar se muestran algunas cifras en las que se compara la infraestructura de Colombia con América Latina. Ramírez y Villar (2015) Primero el indicador de la calidad de vías, muestra lo rezagado que se encuentra el país comparándolo con la región. Para el año 2014 Colombia tuvo un indicador de 2.67 frente al indicador de 3.31 obtenido por América Latina. Segundo el ranking de calidad de vías que tiene en cuenta un total de 144 países muestra que Colombia ocupa el puesto 126 (2015) dentro de la muestra, hay países como Brasil (122), Panamá (44), Perú (83) y Bolivia (95) por encima que Colombia en el ranking. Colombia paso del puesto 86 en el 2007 al 126 en el 2015.

## 6. Bibliografía.

- 1) Alcaldía de Bogotá (2015). Balance de gestión vigencia 2015. Tomado de: <http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/InformacionTomaDecisiones/Estadisticas/Informes%20de%20Ciudad/2015/DICE157-InformeBalanceGestion-31122015.pdf>.
- 2) Alcaldía mayor de Bogotá (2014). Mercado laboral no 53 diciembre 2014. Tomado de: [http://observatorio.desarrolloeconomico.gov.co/base/descargai.php?pageNum\\_Recordset2=4&totalRows\\_Recordset2=95&id=51](http://observatorio.desarrolloeconomico.gov.co/base/descargai.php?pageNum_Recordset2=4&totalRows_Recordset2=95&id=51)
- 3) Alcaldía de Cali, Tomado de: [http://www.cali.gov.co/publicaciones/cali\\_en\\_cifras\\_planeacion\\_pub](http://www.cali.gov.co/publicaciones/cali_en_cifras_planeacion_pub)
- 4) Alcaldía de Cartagena (2016). Cartagena como Vamos. Tomado de: <http://www.cartagenacomovamos.org/como-vamos-en/demografia/>
- 5) Alcaldía de Manizales (2016). Manizales como Vamos. Tomado de: <http://manizalescomovamos.org/>
- 6) Alviar, M., & Lopez, P. (1996). Desarrollo Humano vs Crecimiento Economico: el caso de cuatro ciudades colombianas. *Lecturas de Economia*, 44, pp. 9-36.
- 7) Aschauer, D. A. (1988). Is public expenditure productive? *Journal of Monetary Economics*, V. 23, pp. 177-200.
- 8) Banister & Berechman. (2001). Transport Investment and the promotion of economic growth. *Journal of transport geography*, pp. 209-218.
- 9) Baronio, A., Vianco, A., & Rabanal, C. (2012). Una Introducción a la Econometría Espacial: Dependencia y Heterogeneidad. *Catedra de econometría*.
- 10) Benhabib, J., & Spiegel, M. (1994). The role of human capital in economic development evidence from aggregate cross-country data. *Journal of Monetary Economics*, 34, pp. 143-173.
- 11) Black, W. (2001). An unpopular essay on transportation. *Journal of transportation geography*, pp.1-11.
- 12) Bohórquez, I. A., & Ceballos, E. V. (2008). Algunos conceptos de la econometría espacial y el análisis exploratorio de datos espaciales. *Ecos de Economía*, 12(27), 9-44



- 13) Campillo, G (2014). Informe de calidad de vida Valledupar. Tomado de:  
[http://redcomovamos.org/wp-content/uploads/2014/07/Presentaci%C3%B3n-ICV\\_2013.pdf](http://redcomovamos.org/wp-content/uploads/2014/07/Presentaci%C3%B3n-ICV_2013.pdf)
- 14) Crafts, N. (2009). Transport Infrastructure Investment: implications for growth and productivity. *Oxford Review Of Economic Policy*, 25, pp. 327-347.
- 15) Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2014), Tasa de Mortalidad infantil, Serie 2005-2014.
- 16) Departamento nacional de planeación. Desempeño fiscal de los municipios 2013. Tomado de: <https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-territorial/evaluacion-y-seguimiento-de-la-descentralizacion/Paginas/desempeno-fiscal.aspx>
- 17) Farhadi, M. (2015). Transport infrastructure and long-run economic growth in OECD countries. *Transportation Research Part A*, 74, pp.73-90.
- 18) García, A (2014). Informe de calidad de vida Pereira. Tomado de:  
[http://redcomovamos.org/wp-content/uploads/2015/08/icv\\_\\_informe\\_de\\_calidad\\_de\\_vida\\_2015\\_\\_completo.pdf](http://redcomovamos.org/wp-content/uploads/2015/08/icv__informe_de_calidad_de_vida_2015__completo.pdf)
- 19) García, J.J. (2007). ¿Existe una inversión entre infraestructura de transporte y crecimiento económico? *ECOS de Economía*, 11, pp. 61-77
- 20) Gobernación de Antioquia (2014). Anuario estadístico de Antioquia. Tomado de:  
<http://antioquia.gov.co/images/pdf/anuario2014/es-CO/contenido/temas.html>
- 21) Gobernación del Atlántico (2014). Anuario estadístico del Atlántico. Tomado de:  
<file:///F:/Trabajo%20de%20Grado/Datos/Anuario%20estadistico%20Atlantico/2014.pdf>
- 22) Krugman, P. (1991). Increasing Return and Economic Geography. *Journal of Political Economy*, 99, pp. 483-499.
- 23) Lall. S V. (1999). The Role of Public Infrastructure Investments in Regional Development: Experience of Indian State. *Economic and Political Weekly*, 34, pp. 717-725.
- 24) Martínez Pellégrini, S., Flamand, L., & Hernández, A. (2008). Panorama del desarrollo municipal en México: Antecedentes, diseño y hallazgos del Índice de Desarrollo Municipal Básico. *Gestión y Política Pública*, 17(1), 145-192.
- 25) Miller, J., Hoel, L., & Ellington, D. (2008). Can highway investment policies influence regional growth? *Socio-Economic Planning Sciences*, 43, pp.165-176.

- 26) Mudge. R A. (1996). Infrastructure Investment Can Stimulate Growth. *Challenge*, 39, pp. 4-8.
- 27) Pardo-Bosch, F., & Aguado, A. (2016). Sustainability as the key to prioritize investments in public infrastructure. *Environmental Impact Assessment Review*, 60, pp. 40-51.
- 28) PNUD- United Nations Development Programme (1990). Human Development Report: Concept and Measure of Human Development, Nueva York, United Nations Development Programme, disponible en: <http://hdr.undp.org/reports/global/1990/en/>.
- 29) Ramirez, J M y Villar, L. (2015). Macroeconomía de las concesiones de cuarta generación. Bogotá.
- 30) Reyes, A (2014). Ibagué como Vamos. Tomado de: <http://redcomovamos.org/wp-content/uploads/2015/08/Informe-de-calidad-de-vida-en-Ibagu%C3%A9-2014.pdf>
- 31) Rodrigue, J-P. (2013). Transportation, Economy and Society. The geography of transport system (pp.). New York: Hofstra.
- 32) Sanchez, B. (1998). The role of infrastructure in development: Some macroeconomic considerations. *Journal of Transport Economics*, 25, pp. 113-136.
- 33) Sen, A. (2000). Development as Freedom, Nueva York, Knopf.
- 34) Soubbotina, T. & Sheram, K. (2000). What is development? Beyond Economic Growth (pp. 7-10). THE WORLD BANK 1818 H Street, N.W. Washington, D.C. 20433, U.S.A: The International Bank for Reconstruction and Development.
- 35) Vickerman, R. (2008). Transit investment and economic development. *Research in transportation economics*, (23), pp.107-115.